

529,942

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 1 月 20 日 (20.01.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/005812 A1

- (51) 国際特許分類⁷: F02D 41/18, 45/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/009580
- (22) 国際出願日: 2004 年 6 月 30 日 (30.06.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-195233 2003 年 7 月 10 日 (10.07.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 武藤 晴文 (MUTO,

Harufumi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 利光 勇 (TOSHIMITSU, Isamu) [JP/JP]; 〒4701201 愛知県豊田市豊栄町 2 丁目 8 8 番地 株式会社トヨタテクノサービス内 Aichi (JP). 阿南 貴宏 (ANAMI, Takahiro) [JP/JP]; 〒4701201 愛知県豊田市豊栄町 2 丁目 8 8 番地 株式会社トヨタテクノサービス内 Aichi (JP).

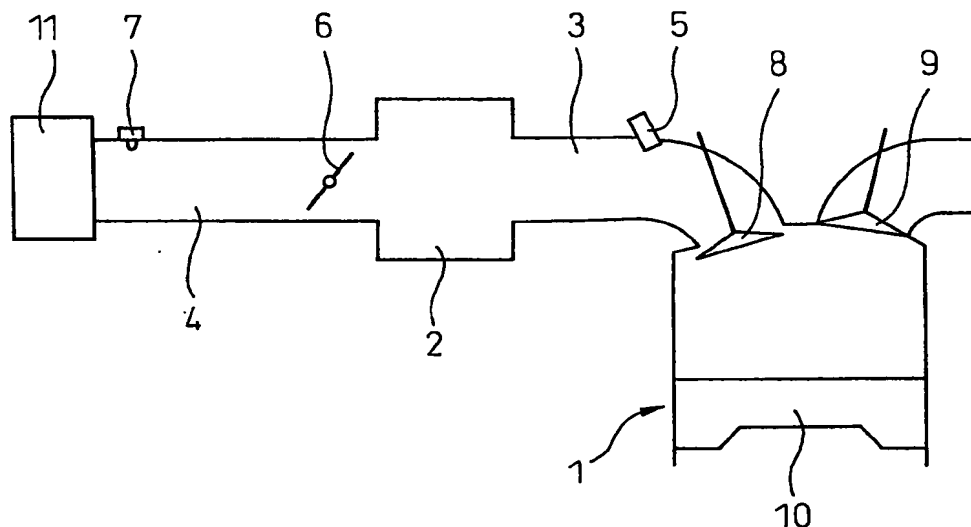
(74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目 5 番 1 号 虎ノ門 3 7 森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: SUCTION AIR AMOUNT PREDICTING DEVICE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の吸入空気量推定装置



(57) Abstract: A suction air amount predicting device of an internal combustion engine for calculating air amount passed through a throttle valve by using an upstream side suction pressure on the upstream side of the throttle valve and a downstream side suction pressure on the downstream side of the throttle valve and predicting a suction air amount based on the air amount passed through the throttle valve. The upstream side suction pressure used for the calculation of the air amount passed through the throttle valve is measured or calculated in consideration of at least the pressure loss of an air cleaner by the atmospheric pressure.

(57) 要約: スロットル弁より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関の吸入空気量推定装置において、スロットル弁通過空気量の算出に使用される上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出される。

WO 2005/005812 A1



NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

内燃機関の吸入空気量推定装置

技術分野

本発明は、内燃機関の吸入空気量推定装置に関する。

背景技術

正確な空燃比制御を実現するためには、実際に気筒内へ供給された吸入空気量に対して燃料噴射量を決定しなければならない。吸入空気量を検出するために、一般的には、機関吸気系にエアフローメータが配置されているが、エアフローメータは応答遅れを有しているために、機関過渡時となると吸入空気量の正確な検出は不可能である。それにより、機関過渡時を含めて計算により吸入空気量を推定することが提案されている（例えば、特開 2002-130039 号及び特開 2002-201998 号参照）。

吸入空気量の推定には、スロットル弁をモデル化し、スロットル弁上流側の吸気圧とスロットル弁下流側の吸気圧との違いに基づきスロットル弁を通過する空気量を算出することが必要とされる。このスロットル弁通過空気量の算出に際して、前述の従来技術では、スロットル弁下流側の吸気圧、すなわち、吸気管圧力は変化させているが、スロットル弁上流側の吸気圧は大気圧としているために、正確なスロットル弁通過空気量が算出されない。それにより、正確な吸入空気量を推定することができない。

発明の開示

従って、本発明の目的は、従来に比較して正確な吸入空気量の推

定を可能とする内燃機関の吸入空気量推定装置を提供することである。

本発明による請求項 1 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、スロットル弁より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、前記スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量の算出に使用される前記上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されることを特徴とする。

スロットル弁通過空気量を算出するのに使用される上流側吸気圧は、機関吸気系におけるスロットル弁上流側の圧損があるために、実際的には大気圧と異なるものである。それにより、請求項 1 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されるようにしている。

また、本発明による請求項 2 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 1 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、今回の前記スロットル弁通過空気量を算出するために使用する今回の前記上流側吸気圧は、大気圧からエアクリーナの前記圧損を減算して算出され、前記圧損は、前記エアクリーナを通過する空気流量として、エアフローメータにより検出される吸入空気量又は前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出されることを特徴とする。

また、本発明による請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 2 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記圧損を前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算

出することにより今回の前記上流側吸気圧を算出し、算出された前記今回の上流側吸気圧と今回の前記下流側吸気圧とを使用して今回の前記スロットル弁通過空気量が算出され、算出された前記今回のスロットル弁通過空気量は、前記今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量と、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量との差により補正されることを特徴とする。

前回算出されたスロットル弁通過空気量に基づく今回の上流側吸気圧は、実際的には、前回の上流側吸気圧に近い値である。それにより、今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量は、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量より真値に近い。従って、前回の仮のスロットル弁通過空気量と前回のスロットル弁通過空気量との差は前回のスロットル弁通過空気量の算出誤差と考えることができる。こうして、請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、今回の上流側吸気圧と今回の下流側吸気圧とを使用して算出された今回の前記スロットル弁通過空気量を、前回の仮のスロットル弁通過空気量と前回のスロットル弁通過空気量との差により補正している。

また、本発明による請求項 4 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記前回の仮のスロットル弁通過空気量が算出された時には、前記仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回の下流側吸気圧を算出し直すことを特徴とする。請求項 4 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、真値に近い前回の仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回のスロットル弁通過空気量を算出し直している。

また、本発明による請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量は、前記下流側吸気圧と前記上流側吸気圧との比と、スロットル弁の開口面積又は開度とに基づき算出されることを特徴とする。

また、本発明による請求項 6 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量は、前記開口面積又は前記開度だけを変数とする第一関数と、前記比を変数とする第二関数と、前記第一関数をスロットル弁より上流側の現在の吸気温度に基づき補正する第一補正項と、前記第一関数を現在の前記上流側吸気圧とに基づき補正する第二補正項との積によって算出されることを特徴とする。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明による吸入空気量推定装置が取り付けられる内燃機関の概略図であり、

図 2 は、スロットル弁開度 $T A$ と流量係数 μ との関係を示すマップであり、

図 3 は、スロットル弁開度 $T A$ とスロットル弁の開口面積 A との関係を示すマップであり、

図 4 は、吸気管圧力 $P m$ と上流側吸気圧 $P a c$ との比と、関数 Φ との関係を示すマップであり、

図 5 は、吸入空気量を算出するためのフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

図 1 は、本発明による吸気量推定装置が取り付けられる内燃機関

を示す概略図である。同図において、1は機関本体であり、2は各気筒共通のサージタンクである。3はサージタンク2と各気筒とを連通する吸気枝管であり、4はサージタンク2の上流側の吸気通路である。各吸気枝管3には燃料噴射弁5が配置され、吸気通路4におけるサージタンク2の直上流側にはスロットル弁6が配置されている。スロットル弁6は、アクセルペダルに連動するものでも良いが、ここではステップモータ等の駆動装置によって自由に開度設定可能なものとしている。7は吸気通路4のスロットル弁6より上流側の吸気圧を検出するための圧力センサである。この上流側吸気圧は、機関吸気系の最上流部に設けられているエアクリーナ11の圧損があるために、機関運転中においては大気圧より低い圧力となっている。

内燃機関1における燃焼空燃比を、例えば、理論空燃比等の所望空燃比にするためには、機関過渡時を含めて気筒内へ流入した吸入空気量を正確に把握しなければならない。本実施形態においては、機関吸気系を以下のようにモデル化して吸入空気量を推定するようにしている。

まず、スロットル弁6をモデル化することにより、吸気がスロットル弁6を通過する際のエネルギー保存則、運動量保存則、及び、状態方程式を使用して、今回のスロットル弁通過空気量 $m_t(i)$ (g/s) が、次式(1)によって表される。以下の式を含めて、スロットル弁通過空気量等の変数の添え字 (i) は今回 (現在) を示し、($i-1$) は前回を示している。

$$mt_{(i)} = \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{Pac_{(i)}}{\sqrt{R \cdot Ta_{(i)}}} \cdot \Phi(Pm_{(i)}/Pac_{(i)}) \quad \dots(1)$$

$$= \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{Pa0}{\sqrt{R \cdot T0}} \cdot \sqrt{\frac{T0}{Ta_{(i)}}} \cdot \frac{Pac_{(i)}}{Pa0} \cdot \Phi(Pm_{(i)}/Pac_{(i)}) \quad \dots(1)'$$

$$= \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{Pa0}{\sqrt{R \cdot T0}} \cdot ktha \cdot kpac \cdot \Phi(Pm_{(i)}/Pac_{(i)}) \quad \dots(1)''$$

$$= F(TA_{(i)}) \cdot ktha \cdot kpac \cdot \Phi(Pm_{(i)}/Pac_{(i)}) \quad \dots(1)'''$$

ここで、 $\mu_{(i)}$ は流量係数であり、 $A_{(i)}$ はスロットル弁 6 の開口面積 (m^2) である。もちろん、機関吸気系にアイドルスピードコントロールバルブ (ISC 弁) が設けられている時には、 $A_{(i)}$ には、ISC 弁の開口面積が加えられる。流量係数及びスロットル弁の開口面積は、それぞれがスロットル弁開度 $TA_{(i)}$ (度) の関数となっており、図 2 及び 3 には、それぞれのスロットル弁開度 TA に対するマップが図示されている。R は気体定数であり、 Ta はスロットル弁上流側の吸気温度 (K) であり、 $Pac_{(i)}$ はスロットル弁より上流側の上流側吸気圧 (kPa) であり、 $Pm_{(i)}$ はスロットル弁下流側の吸気管圧力、すなわち、下流側吸気圧 (kPa) である。また、関数 Φ に関しては後述する。

ところで、式(1)は、スロットル弁上流側の吸気温度の標準値 $T0$ と、上流側吸気圧の標準値 $Pa0$ とを使用して式(1)'のように置き換えることができる。吸気温度の標準値 $T0$ を現在の吸気温度 Ta へ変換するための補正項を第 1 補正項 $ktha$ とし、上流側吸気圧の標準値 $Pa0$ を現在の上流側吸気圧 $Pac_{(i)}$ へ変換するための補正項を第 2 補正項 $kpac$ とすれば、式(1)'は式(1)''のように置き換えることができる。さらに、式(1)''は、スロットル弁開度 $TA_{(i)}$ だけを変数とする関数 $F(TA_{(i)})$ と、関数 Φ と、第 1

補正項 k_{tha} と、第2補正項 k_{pac} との積の形とした式(1)'''
のように置き換えることができる。このように、式(1)を置き換えること
によって、関数 F のマップ化は容易であり、スロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を簡単に算出することができる。

ここで、関数 F は、スロットル弁の開口面積 $A_{(i)}$ だけを変数とする関数に置換しても良い。現在の第1補正項 $k_{tha(i)}$ の算出に使用される現在のスロットル弁上流側の吸気温度 $T_{a(i)}$ は、吸気通路4のスロットル弁6の上流側に温度センサ（図示せず）を配置して、この温度センサにより検出することが好ましいが、この吸気温度は、エアクリーナ11の圧損とは無関係に外気温度とほぼ等しいと考えることができ、外気温度センサにより検出された外気温度を吸気温度として使用しても良い。

一方、上流側吸気圧は、刻々変化するために、スロットル弁通過空気量 m_t を算出する毎に圧力センサ7によって現在のの上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ を検出し、これを第2補正係数 $k_{pac(i)}$ の算出に使用することが好ましい。

関数 $\Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)})$ は、比熱比 κ を使用して次式(2)によって表されるものであり、図4には P_m/P_{ac} に対するマップが図示されている。

$$\frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \leq \frac{1}{\kappa + 1} \text{ の場合}$$

$$\Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)}) = \sqrt{\frac{\kappa}{2 \cdot (\kappa + 1)}} \quad \dots(2)$$

$$\frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} > \frac{1}{\kappa + 1} \text{ の場合}$$

$$\Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)}) = \sqrt{\left\{ \frac{\kappa - 1}{2 \cdot \kappa} \cdot \left(1 - \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right) + \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right\} \cdot \left(1 - \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right)}$$

ところで、式(1) (又は式(1)''') 及び式(2)において、上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ は、圧力センサ 7 を使用しないで算出することも可能である。大気圧 P_a と上流側吸気圧 P_{ac} との差は、ベルヌーイの定理により、次式(3)のように表すことができる。

$$P_a - P_{ac} = \frac{1}{2} \rho v^2 = k \frac{G_a^2}{\rho} \quad \dots(3)$$

$$= \frac{k}{\rho_0} \cdot G_a^2 \cdot \frac{1}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots(3)'$$

$$= \frac{f(G_a)}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots(3)''$$

$$P_{ac(i)} = P_a - \frac{f(G_{a(i)})}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots(4)$$

$$= P_a - \frac{f(mt_{(i-1)})}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots(4)'$$

ここで、 ρ は大気密度であり、 v はエアクリーナ 11 を通過する空気の流速であり、 G_a はエアクリーナ 11 を通過する空気の流量であり、 k は v と G_a の比例係数である。標準大気密度 ρ_0 と、標

準大気密度 ρ_0 を現在の大気密度 ρ へ変換するための圧力補正係数 e_{kpa} 及び温度補正係数 e_{ktha} とを使用すれば、式(3)は式(3)'のように置き換えることができる。さらに、式(3)'は、流量 G_a だけを変数とする関数 $f(G_a)$ を使用して式(3)''のように置き換えることができる。

式(3)''は、現在の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ を表す式(4)のように変形することができる。式(4)において、現在の流量 $G_{a(i)}$ は、エアクリーナ 11 の直下流側にエアフローメータが設けられている場合には、このエアフローメータにより検出することができる。また、圧力補正係数 e_{kpa} は、検出される現在の大気圧により設定可能であり、温度補正係数 e_{ktha} は、検出される現在の大気温度により設定可能である。

また、式(4)において、エアクリーナ 11 を通過する空気の流量 $G_{a(i)}$ は、スロットル弁通過空気量 m_t と考えることができ、式(4)は式(4)'のように変形することができる。但し、式(1) (又は式(1)''') において説明したように、現在のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出するためには現在の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ が必要であるために、現在の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ を算出するには、スロットル弁通過空気量として前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ を使用せざるを得ない。

次いで、吸気弁をモデル化する。気筒内へ供給される吸入空気量 $m_{c(i)}$ (g/sec) は、下流側吸気圧、すなわち、吸気管圧力 $P_{m(i)}$ に基づきほぼ線形に変化するものであるために、次式(5)に示す一次関数によって表すことができる。

$$m_{c(i)} = \frac{T_{a(i)}}{T_{m(i)}} \cdot (a \cdot P_{m(i)} - b) \quad \dots (5)$$

ここで、 $T_{m(i)}$ はスロットル弁下流側の吸気温度 (K) であり

、 a 及び b は一次関数を特定するためのパラメータである。 b は気筒内の残留既燃ガス量に相当する値であり、バルブオーバーラップがある場合には、吸気管へ既燃ガスが逆流するために、 b の値は無視できないほど増加する。また、バルブオーバーラップがある場合において、吸気管圧力 P_m が所定圧力以上である時には、吸気管圧力が高いほど既燃ガスの逆流が顕著に減少するために、所定値以下である時に比較して、 a の値は大きくされると共に b の値は小さくされる。

このように、吸入空気量 m_c を算出するために使用される一次関数は、内燃機関毎に異なるものであると共に機関運転状態によっても変化するものである。それにより、内燃機関毎及び機関運転状態毎にパラメータ a 、 b をマップ化しておくことが好ましい。

次いで、吸気管をモデル化する。吸気管内に存在する吸気の質量保存則、エネルギー保存則、及び、状態方程式を使用して、吸気管圧力 P_m とスロットル弁下流側の吸気温度 T_m との比における時間変化率は次式(6)によって表され、また、吸気管圧力 P_m の時間変化率は次式(7)によって表される。ここで、 V は吸気管の容積 (m^3)、すなわち、機関吸気系におけるスロットル弁下流側の容積であり、具体的には、吸気通路 4 の一部とサージタンク 2 と吸気枝管 3 との合計容積である。

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{P_m}{T_m} \right) = \frac{R}{V} \cdot (m_t - m_c) \quad \dots(6)$$

$$\frac{dP_m}{dt} = \kappa \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_t \cdot T_a - m_c \cdot T_m) \quad \dots(7)$$

式(6)及び式(7)は離散化され、それぞれ、次式(8)及び(9)が得られ、式(9)によって今回の吸気管圧力 $P_{m(i)}$ が得られれば、式(8)によって今回の吸気管内の吸気温度 $T_{m(i)}$ を得ることができる。

式(8)及び(9)において、離散時間 Δt は、吸入空気量 $m_{c(i)}$ を算出するためのフローチャート(図5)における実行間隔とされ、例えば8msである。

$$\frac{P_m(i)}{T_m(i)} = \frac{P_m(i-1)}{T_m(i-1)} + \Delta t \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_{t(i-1)} - m_{c(i-1)}) \quad \dots(8)$$

$$P_{m(i)} = P_{m(i-1)} + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_{t(i-1)} \cdot T_{a(i-1)} - m_{c(i-1)} \cdot T_{m(i-1)}) \quad \dots(9)$$

次に、図5に示すフローチャートを説明する。本フローチャートは、機関始動完了と同時に実行される。先ず、ステップ101において、式(9)を使用して下流側吸気圧(吸気管圧力) $P_{m(i)}$ が算出される。式(9)において、前回の吸気管圧力 $P_{m(i-1)}$ (初期値は大気圧 P_a)と、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ と、前回のスロットル弁より上流側の吸気温度 $T_{a(i-1)}$ と、前回の吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ と、前回の吸気管内の吸気温度 $T_{m(i-1)}$ (初期値は上流側の吸気温度)とを使用して、今回の吸気管圧力 $P_{m(i)}$ を算出する。スロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ の初期値は、他の初期値を使用して式(1)'''により算出され、吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ の初期値は、他の初期値を使用して式(5)により算出される。

次いで、ステップ102において、式(8)を使用して今回の吸気管内の吸気温度 $T_{m(i)}$ が算出される。次いで、ステップ103において、式(4)'を使用して、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ に基づき上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ が算出される。こうして、ステップ101において下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ が算出され、ステップ103において上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ が算出されれば、式(1)'''を使用して現在のスロットル弁開度 $T A(i)$ に基づき現在のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出することができる。

しかしながら、ステップ103において算出された今回の上流側

吸気圧 $P_{ac(i)}$ は、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ に基づくものであるために、実際的には、前回の上流側吸気圧に近い値である。それにより、今回の下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ と今回の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ とは時間的に一致しておらず、これらの比に基づき関数 Φ を算出しても、正確なスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出することはできない。

本フローチャートでは、正確なスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出するために以下の処理を実施する。まず、ステップ 104 では、次式(10)により前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ を算出する。式(10)は、式(1)'''において、前回値に近い上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ をそのままとして、スロットル弁開度、第1補正係数、第2補正係数、及び下流側吸気圧を前回値としたものである。こうして、式(10)により算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ は、前回のスロットル弁通過空気量の真値に近い値となる。

$$m_{t1(i-1)} = F(TA_{(i-1)}) \cdot k_{tha} \cdot k_{pac} \cdot \Phi(P_{m(i-1)}/P_{ac(i)}) \quad \dots(10)$$

前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ の算出には、前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ が使用されているが、この下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ を算出するのに使用された前前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-2)}$ の信頼性は高くなく、それにより、前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ に基づき、前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ を算出し直すことが好ましい。それにより、ステップ 105 では、次式(11)を使用して、前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ に基づき前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ を算出する。式(11)は、前述の式(9)とは異なり、スロットル弁通過空気量と、算出される下流側吸気圧とは同じ時刻としている。

$$P_{m(i-1)} = P_{m(i-2)} + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V} (m_{t1(i-1)} \cdot T_{a(i-1)} - m_{c(i-1)} \cdot T_{m(i-1)}) \quad \dots(11)$$

こうして、前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ が算出し直されれば、ステップ 106 では、式(8)を使用して前回の下流側吸気温度 $T_{m(i-1)}$ を算出し直し、ステップ 107 では、式(5)を使用して前回の吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ を算出し直す。

次いで、ステップ 108 において、式(10)と同じ式を使用して、ステップ 105 において算出し直された前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ に基づき新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ を算出する。この $m_{t2(i-1)}$ の算出に際して、使用する上流側吸気圧 $P_{a(c(i))}$ を $m_{t1(i-1)}$ を使用して算出し直しても良い。こうして算出された前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ は、さらに真値に近いものとなっている。

次いで、ステップ 109 では、新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ と古い前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ との差が設定値 d より小さくなったか否かが判断され、すなわち、新たに算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ が十分に真値に収束したか否かが判断される。ステップ 109 における判断が否定される時には、ステップ 110 において、新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ は、古い前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ とされ、ステップ 105 以降の処理が繰り返される。この時、ステップ 105 において、前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ だけでなく、前回の下流側吸気温度 $T_{m(i-1)}$ 及び前回の吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ も真値に近づけられているために、算出される前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ もさらに真値に近づけられる。

ステップ 109 における判断が肯定されれば、この時の前回の仮

のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ は、殆ど真値となっている。それにより、この前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ と式(1)'''を使用して算出された前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ との差は、式(1)'''を使用した場合の計算誤差を比較的正確に表すものとなる。従って、ステップ111において、式(1)'''を使用して算出した今回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ は前述の差により補正され、それにより、正確な今回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出することができる。

この今回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ の算出に使用する今回のスロットル弁開度 $TA_{(i)}$ は、現在のアクセルペダルの踏み込み量に対してスロットル弁の駆動装置（ステップモータ）の応答遅れ等が考慮されて推定される。

次いで、ステップ112では、ステップ101及び102により算出された今回の下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ 及び今回の下流側吸気温度 $T_{m(i)}$ に基づき式(5)を使用して今回の吸入空気量 $m_{c(i)}$ を算出する。前述したようにして正確なスロットル弁通過空気量が算出されるために、これに基づき算出される下流側吸気圧が正確なものとなり、さらに、この下流側吸気圧に基づき算出される吸入空気量も正確なものとなる。次いで、フローチャートには示していないが、今回の下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ 、今回の下流側吸気温度 $T_{m(i)}$ 、今回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ 、今回の吸入空気量 $m_{c(i)}$ 、及び今回の上流側吸気温度 $T_{a(i)}$ は、それぞれ前回値として記憶され、次のフローチャートの実施に備えられる。

図5に示すフローチャートでは、前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ を真値にかなり近づけるまで（ステップ109における判断が肯定されるまで）、前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ 及び前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ の算出を繰り返

すようにしたが、この繰り返し回数を予め設定するようにしても良い。また、ステップ105から110の処理を省略して、ステップ104において前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m t 1_{(i-1)}$ が算出された後、直ぐにステップ111において今回のスロットル弁通過空気量 $m t_{(i)}$ を算出するようにしても良い。この場合において、ステップ111の式の $m t 2_{(i-1)}$ は $m t 1_{(i-1)}$ に置き換えて考えれば良い。

ところで、燃焼空燃比を正確に制御するためには、燃料噴射を開始する以前に気筒内への正確な吸入空気量を推定して、燃料噴射量を決定しなければならない。しかしながら、正確な吸入空気量を推定するためには、厳密には、吸気弁閉弁時における吸入空気流量を算出しなければならない。すなわち、燃料噴射量を決定する時ににおいて、現在の吸入空気量 $m c_{(i)}$ ではなく、吸気弁閉弁時における吸入空気量 $m c_{(i+n)}$ を算出しなければならない。これは、図1に示すような吸気枝管3に燃料を噴射する内燃機関だけでなく、吸気行程において筒内へ直接燃料を噴射する内燃機関においても同様である。

そのためには、現在において、現在のスロットル弁開度 $T A_{(i)}$ だけでなく、吸気弁閉弁時までの時間 Δt 毎のスロットル弁開度 $T A_{(i+1)}$ 、 $T A_{(i+2)}$ 、 $\dots T A_{(i+n)}$ に基づき、式(1)'''において $T A$ を変化させ、各時間のスロットル弁通過空気量 $m t$ を算出することが必要となる。

各時間のスロットル弁開度 $T A$ は、現在の時間に対するアクセルペダルの踏み込み変化量に基づき、この踏み込み変化量が吸気弁閉弁時まで持続するとして、各時間のアクセルペダルの踏み込み量を推定し、それぞれの推定踏み込み量に対して、スロットル弁アクチュエータの応答遅れを考慮して決定することが考えられる。この方

法は、スロットル弁がアクセルペダルと機械的に連結されている場合にも適用することができる。

しかしながら、こうして推定される吸気弁閉弁時におけるスロットル弁開度 $TA_{(i+n)}$ は、あくまでも予測であり、実際と一致している保証はない。吸気弁閉弁時におけるスロットル弁開度 $TA_{(i+n)}$ を実際と一致させるために、スロットル弁を遅れ制御するようにしても良い。アクセルペダルの踏み込み量が増変した時に、アクチュエータの応答遅れによって、スロットル弁開度は遅れて変化するが、この遅れ制御は、このスロットル弁の応答遅れを意図的に増大させるものである。

例えば、機関過渡時において、燃料噴射量を決定する時における現在のアクセルペダルの踏み込み量に対応するスロットル弁開度が、吸気弁閉弁時に実現されるように、実際の応答遅れ（無駄時間）を考慮してスロットル弁のアクチュエータを制御すれば、現在から吸気弁閉弁時までの時間毎のスロットル弁開度 $TA_{(i)}$ 、 $TA_{(i+1)}$ 、 \dots 、 $TA_{(i+n)}$ を正確に把握することができる。さらに具体的に言えば、アクセルペダルの踏み込み量が増変する時には、直ぐにアクチュエータへ作動信号を発するのではなく、燃料噴射量を決定する時から吸気弁閉弁時までの時間から無駄時間を差し引いた時間だけ経過した時にアクチュエータへの作動信号を発するようになるのである。もちろん、現在のアクセルペダルの踏み込み量に対応するスロットル弁開度を、吸気弁閉弁時以降に実現するようにスロットル弁の遅れ制御を実施しても良い。

こうして、本発明による内燃機関の吸入空気量推定装置によれば、スロットル弁通過空気量を算出するのに使用される上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて吸気通路のスロットル弁上流側に配置された圧力センサにより測定さ

れ、又は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて算出されるようにしているために、上流側吸気圧として大気圧を使用する場合に比較して、算出されるスロットル弁通過空気量が正確なものとなり、このスロットル弁通過空気量を使用して算出される吸入空気量を正確なものとすることができる。

請 求 の 範 囲

1. スロットル弁より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、前記スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量の算出に使用される前記上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されることを特徴とする内燃機関の吸入空気量推定装置。

2. 今回の前記スロットル弁通過空気量を算出するために使用する今回の前記上流側吸気圧は、大気圧からエアクリーナの前記圧損を減算して算出され、前記圧損は、前記エアクリーナを通過する空気流量として、エアフローメータにより検出される吸入空気量又は前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出されることを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

3. 前記圧損を前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出することにより今回の前記上流側吸気圧を算出し、算出された前記今回の上流側吸気圧と今回の前記下流側吸気圧とを使用して今回の前記スロットル弁通過空気量が算出され、算出された前記今回のスロットル弁通過空気量は、前記今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量と、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量との差により補正されることを特徴とする請求項2に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

4. 前記前回の仮のスロットル弁通過空気量が算出された時には、前記仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回の下流側吸気圧を

算出し直すことを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

5. 前記スロットル弁通過空気量は、前記下流側吸気圧と前記上流側吸気圧との比と、スロットル弁の開口面積又は開度とに基づき算出されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

6. 前記スロットル弁通過空気量は、前記開口面積又は前記開度だけを変数とする第一関数と、前記比を変数とする第二関数と、前記第一関数をスロットル弁より上流側の現在の吸気温度に基づき補正する第一補正項と、前記第一関数を現在の前記上流側吸気圧とに基づき補正する第二補正項との積によって算出されることを特徴とする請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

Fig.1

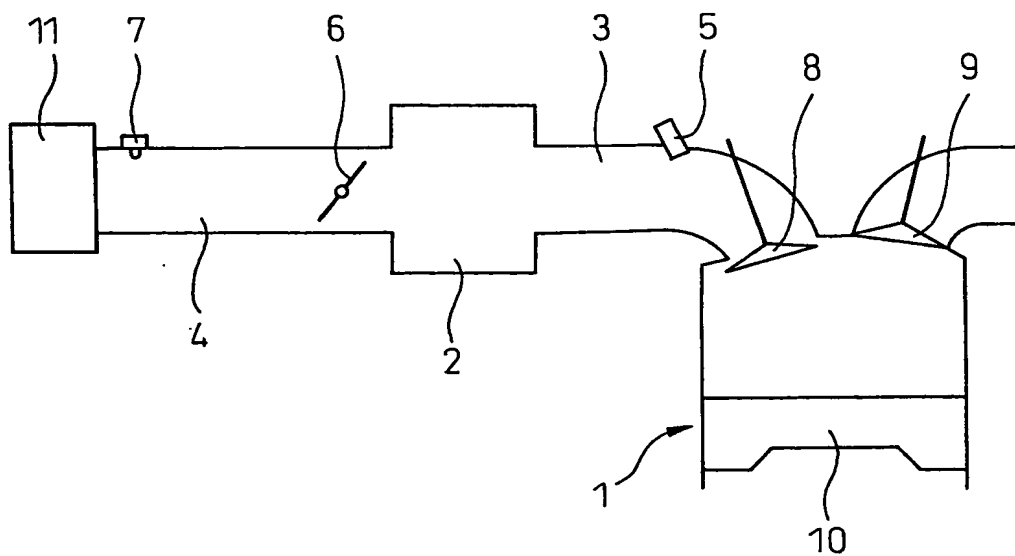


Fig.2

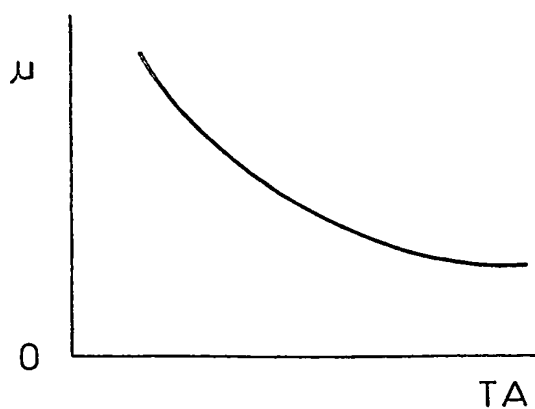


Fig.3



Fig.4

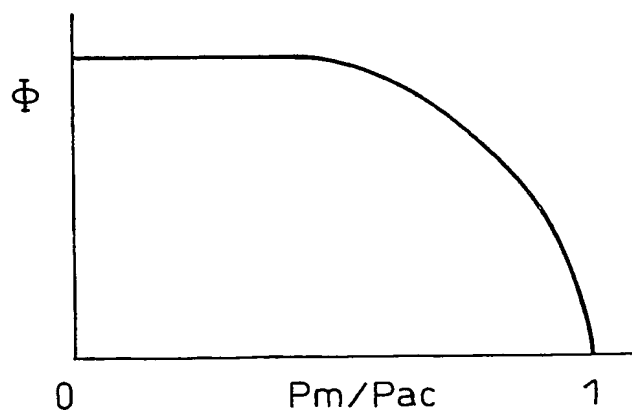
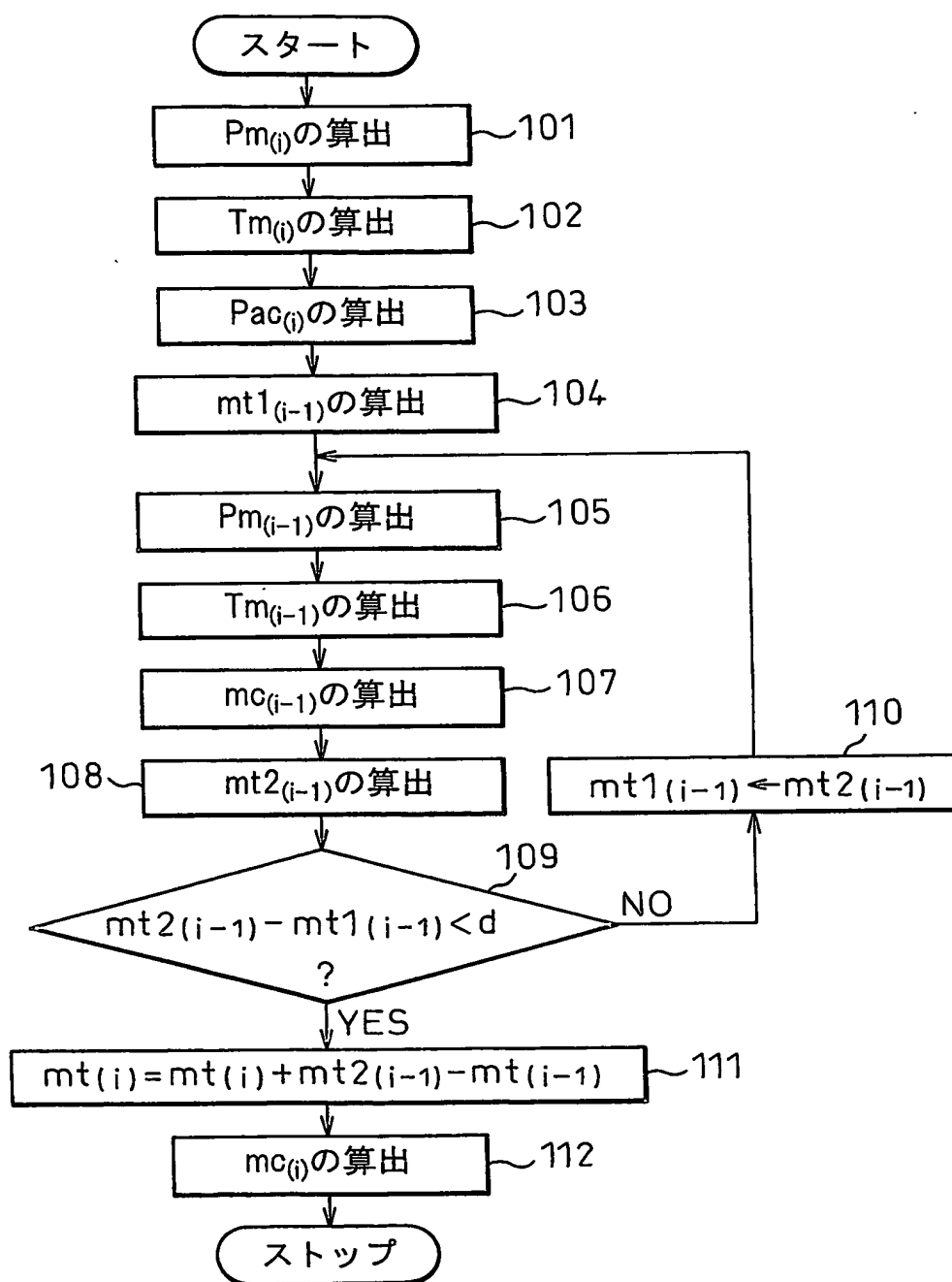


Fig.5



参照番号の一覧表

- 1 … 機関本体
- 2 … サージタンク
- 3 … 吸気枝管
- 4 … 吸気通路
- 6 … スロットル弁
- 7 … 圧力センサ
- 1 1 … エアクリーナ

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009580

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F02D41/18, F02D45/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F02D41/18, F02D45/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 53454/1989 (Laid-open No. 144635/1990) (Mikuni Kogyo Kabushiki Kaisha), 07 December, 1990 (07.12.90), Full text; all drawings (Family: none)	1 2-6
Y A	JP 5-44564 A (Nippondenso Co., Ltd.), 23 February, 1993 (23.02.93), Page 3, left column, lines 17 to 25 (Family: none)	1 2-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 August, 2004 (30.08.04)

Date of mailing of the international search report
14 September, 2004 (14.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009580

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2002-70633 A (Denso Corp.), 08 March, 2002 (08.03.02), Page 4, left column, lines 41 to 45 (Family: none)	1 2-6
Y A	JP 9-68092 A (Hitachi, Ltd.), 11 March, 1997 (11.03.97), Page 2, right column, lines 12 to 15 (Family: none)	1 2-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ F02D41/18, F02D45/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ F02D41/18, F02D45/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	日本国実用新案登録出願1-53454号 (日本国実用新案登録出願公開2-144635号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム (三國工業株式会社) 1990. 12. 07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 2-6
Y A	JP 5-44564 A (日本電装株式会社) 1993. 02. 23, 第3頁左欄第17乃至25行 (ファミリーなし)	1 2-6
Y A	JP 2002-70633 A (株式会社デンソー) 2002. 03. 08, 第4頁左欄第41乃至45行 (ファミリーなし)	1 2-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30. 08. 2004

国際調査報告の発送日

14. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

関 義彦

3G

9145

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 9-68092 A (株式会社日立製作所) 1997.03.11, 第2 頁右欄第12乃至15行 (ファミリーなし)	1 2-6